

---

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2010/2011

April/Mei 2011

**EEM 232 – SISTEM MEKATRONIK**

Masa : 3 jam

---

**ARAHAN KEPADA CALON:**

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEBELAS (11)** muka surat termasuk **SATU (1)** muka surat **Lampiran** bercetak dan **LIMA (5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab **LIMA (5)** soalan.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Agihan markah bagi soalan diberikan di sudut sebelah kanan soalan berkenaan.

Jawab semua soalan di dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.

**“Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.”**

*“In the event of any discrepancies, the English version shall be used.”*

1. (a) Terangkan istilah-istilah berikut:-

*Explain the following terms:-*

- (i) Ketidaklurusan

*Nonlinearity*

- (ii) Kepekaan

*Sensitivity*

- (iii) Histerisis dalam sistem gear

*Hysteresis in gear system*

- (iv) Ralat jalur

*Error band*

(40 markah/marks)

- (b) Satu sistem pengukuran pengesan tekanan mengandungi pengesan tekanan, jambatan pesongan, penguat dan perekod. Jadual 1 menunjukkan kepekaan lurus dan ralat jalur bagi setiap elemen di dalam sistem.

*A pressure sensor measurement system consists of a pressure sensor, deflection bridge, amplifier and recorder. Table 1 gives the linear sensitivities and error band widths for each element in the system.*

Jadual 1

Table 1

Element	Linear sensitivity, K	Error band $\pm h$
Pressure sensor	$10^{-4} \Omega \text{ Pa}^{-1}$	$\pm 0.005 \Omega$
Deflection bridge	$4 \times 10^{-2} \text{ mV } \Omega^{-1}$	$\pm 5 \times 10^{-4} \text{ mV}$
Amplifier	$10^3 \text{ mV mV}^{-1}$	$\pm 0.5 \text{ mV}$
Recorder	$250 \text{ mV}^{-1}$	$\pm 100 \text{ Pa}$

- (i) Kira ralat bagi sistem pengukuran ini dan nyatakan samada system ini tepat atau tidak.

*Calculate the error of this measurement system and state whether the system is accurate or not.*

- (ii) Kira sisihan piawai bagi fungsi taburan bagi ralat.

*Calculate the standard deviation of the error distribution function.*

- (iii) Diberikan bahawa perekod telah tersalah laras yang mana kepekaan dilaraskan kepada  $225 \text{ Pa mV}^{-1}$ , kira ralat purata sekiranya tekanan masukan ialah  $5 \times 10^3 \text{ Pa}$ .

*Given that the recorder is incorrectly adjusted so that its sensitivity is  $225 \text{ Pa mV}^{-1}$ , calculate the mean error for an input pressure of  $5 \times 10^3 \text{ Pa}$ .*

(60 markah/marks)

2. (a) Terangkan kaedah-kaedah pengurangan ralat di bawah:-

*Describe the following error reduction techniques:-*

- (i) Pemampasan elemen tak-lurus

*Compensating non-linear element*

- (ii) Pemampasan bagi masukan gangguan

*Compensation for interfering inputs*

- (iii) Suapbalik negatif gandaan-tinggi

*High-gain negative feedback*

(45 markah/marks)

- (b) Rajah 2 menunjukkan bebanan antara-elemen bagi satu system pengukuran

*Figure 2 shows the inter-element loading of a measurement system*

- (i) Kira ralat sistem tanpa mempertimbangkan kesan bebanan

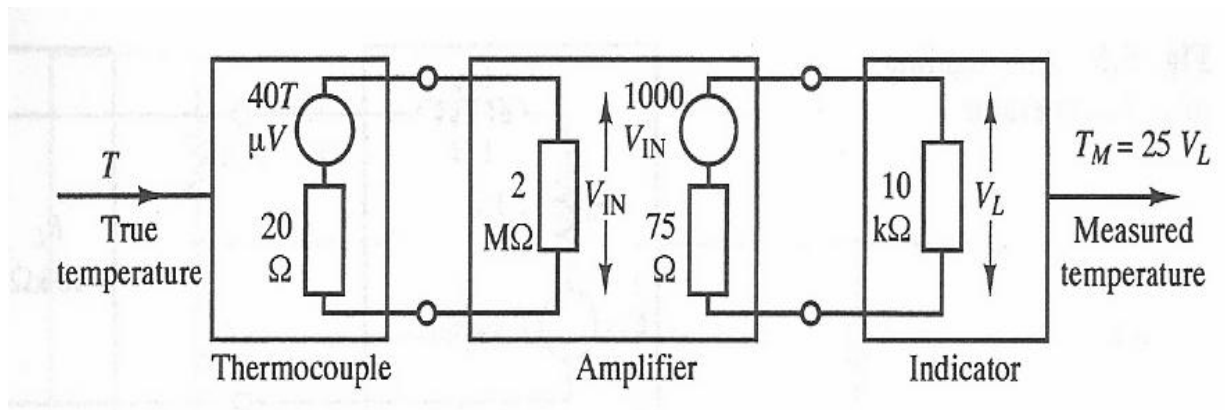
*Calculate the system error without considering the loading effect*

- (ii) Kira ralat sistem bersama kesan bebanan

*Calculate the system error with the loading effect*

- (iii) Cadangkan satu kaedah untuk mengurangkan ralat dalam (ii). Tunjukkan dengan pengiraan bahawa ralat telah dikurangkan.

*Suggest a method to reduce error in (ii). Show with calculation that error is reduced.*



Rajah 2

Figure 2

(55 markah/marks)

3. (a) Satu 10 cm julat potensiometer disambungkan kepada 10k ohm perekod

*A 10 cm range potentiometer is connected to a 10k ohm recorder*

- (i) Lukis litar lengkap bagi system ini dan litar setara thevenin

*Draw the complete circuit of the system and its thevenin equivalent circuit*

- (ii) Terbitkan persamaan bagi hubungan tak-lurus antara voltan keluaran dan sesaran

*Derive the equation for the non-linearity relationship between output voltage and displacement*

...6/-

- (iii) Kira rintangan potensiometer sekiranya kelurusan maksimum tidak boleh melebihi 2% sesaran skala penuh

*Calculate the value of potentiometer resistance if the maximum linearity must not exceed 2% of full scale deflection*

(50 markah/marks)

- (b) Satu sistem pengukuran daya mengandungi elemen-elemen linear dan mempunyai kepekaan keseluruhan keadaan mantap bernilai satu. Sistem dinamik ditentukan oleh fungsi pindah tertib kedua bagi elemen penerima yang mempunyai frekuensi tabii  $\omega_n = 40 \text{ rad/s}$  dan nisbah redaman  $\xi=0.1$ .

*A force measurement system consists of linear elements and has an overall steady-state sensitivity of unity. The dynamics of the system are determined by the second order transfer function of the sensing element which has a natural frequency  $\omega_n = 40 \text{ rad/s}$  and a damping ratio  $\xi=0.1$ .*

- (i) Diberikan fungsi pindah bagi elemen tertib kedua,  $G(s) = \frac{1}{\frac{1}{\omega_n^2}s^2 + \frac{2\xi}{\omega_n}s + 1}$ ,  
buktikan bahawa

*Given that the transfer function of a second order element,*

$$G(s) = \frac{1}{\frac{1}{\omega_n^2}s^2 + \frac{2\xi}{\omega_n}s + 1}, \text{ Prove that}$$

$$\text{Amplituderatio} = \frac{1}{\sqrt{\left[ \left( 1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2} \right)^2 + 4\xi^2 \frac{\omega^2}{\omega_n^2} \right]}}$$

...7/-

dan

and

$$\text{Phase difference} = -\tan^{-1} \left[ \frac{2\xi\omega / \omega_n}{1 - \omega^2 / \omega_n^2} \right]$$

- (ii) Kira keluaran sistem berdasarkan kepada isyarat masukan daya berkala yang diberikan di dalam persamaan (1):

*Calculate the system output corresponding to the periodic input force signal which is given in equation (1):*

$$F(t) = 50 \left\{ \sin 10t + \frac{1}{3} \sin 30t \right\} \quad \text{persamaan (1)}$$

(50 markah/marks)

4. (a) Apakah itu tolok terikan?

*What is a strain gage?*

Menggunakan rajah yang sesuai, terbitkan hubungan antara perubahan rintangan dan terikan bagi satu tolok terikan.

*By using a suitable diagram, derive the relationship between changes in resistance and strain for a strain gage.*

Tentukan faktor tolak bagi tolak terikan.

*Determine the gage factor of the strain gage.*

(25 markah/marks)

- (b) Rajah 3 menunjukkan litar asas jambatan digunakan bagi tolak terikan. Litar tersebut boleh mempunyai samada satu, dua atau empat lengan aktif. Rekabentuk litar yang baik menyatakan bahawa seboleh mungkin, dua lengan bersebelahan jambatan harus berubah pada nilai yang sama tetapi bertentangan arah apabila dibawah terikan untuk mengelakkan perubahan akibat suhu dari voltan keluaran.

Apakah dua kesan utama daripada perubahan suhu dalam tolak terikan semikonduktor?

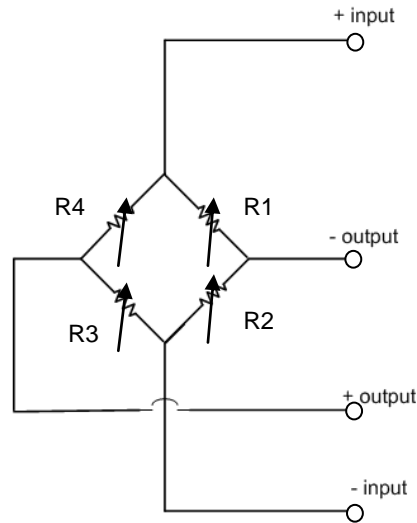
*Figure 3 shows of the basic bridge circuitry for use with strain gages. The circuit can have either one, two or four active arms. Good circuitry design dictates that wherever possible, the two adjacent arms of the bridge should change equally but in opposite direction under strain so as to eliminate temperature-induced changes from the output voltage.*

*What are the two main effects of the temperature changes in semiconductor strain gages?*

Bincangkan cara-cara untuk mengurangkannya. Masukkan litar yang bersesuaian.

*Discuss ways to reduce them. Include suitable circuitry.*





Rajah 3

Figure 3

(75 markah/marks)

5. Untuk mengukur tekanan, empat tolak terikan telah disusun bagi memantau sesaran satu gegendang. Tolok-tolak tersebut membentuk lengan jambatan seperti ditunjuk dalam Rajah 3. Tolok-tolak tersebut mempunyai faktor tolak 2.1 dan rintangan  $100\Omega$ .

*To measure pressure, four strain gages have been employed to monitor the displacement of a diaphragm. The active gages form the arms of a bridge as shown in Figure 3. The gages have a gage factor of 2.1 and resistance of  $100\Omega$ .*

Tunjukkan voltan keluaran dari jambatan diberikan oleh:-

*Show that the output voltage from the bridge is given by:*

$$V_s G \varepsilon$$

Dimana

Where

Voltan bekalan =  $V_s$

*Supply voltage* =  $V_s$

Faktor terikan =  $G$

*Gage factor* =  $G$

Terikan dikenakan =  $\varepsilon$

*Strain applied* =  $\varepsilon$

(30 markah/marks)

Dalam keadaan stabil, satu tekanan terubah dikenakan kepada gegendang mengakibatkan dua daripada tolok pada satu bahagian gegendang terkena terikan tegangan sebanyak  $1.0 \times 10^{-5}$  dan dua daripda tolok pada bahagian yang lain terkena terikan mampat sebanyak  $-1.0 \times 10^{-5}$

*In a stable condition, a differential pressure applied to the diaphragm results in two of the gages on one side of the diaphragm being subjected to a tensile strain of  $1.0 \times 10^{-5}$  and the two on the other side a compressive strain of  $-1.0 \times 10^{-5}$ .*

Apakah voltan keluaran dari jambatan sekiranya voltan bekalan adalah 10V?

*What would be the output voltage from the bridge if the supply voltage is 10V?*

Dalam keadaan suhu teraruh, satu tekanan terubah dikenakan kepada gegendang mengakibatkan dua daripada tolak pada satu bahagian gegendang terkena terikan tegangan sebanyak  $0.3 \times 10^{-5}$  dan dua daripda tolak pada bahagian yang lain terkena terikan mampat sebanyak  $-1.0 \times 10^{-5}$ .

*In a temperature-induced condition, a differential pressure applied to the diaphragm results in two of the gages on one side of the diaphragm being subjected to a tensile strain of  $0.3 \times 10^{-5}$  and the two on the other side a compressive strain of  $-1.0 \times 10^{-5}$ .*

Apakah voltan keluaran dari jambatan sekarang?

*What would be the output voltage from the bridge now?*

(70 markah/marks)

oooOooo